

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АЛЬБУМИНА НА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ

С.А. Сергеев, А.И. Михайлов, Д.А. Горин, О.А. Иноземцева, Р.С. Сергеев, Э.Э. Гулманов
(Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
Ssergeev@bk.ru, MikhailovAI@info.sgu.ru, Gorinda@mail.ru)

THE INVESTIGATION OF PROPERTIES OF ALBUMIN AQUEOUS SOLUTIONS ON MICROWAVE FREQUENCIES

S.A. Sergeev, A.I. Mikhailov, D.A. Gorin, O.A. Inozemtseva, R.S. Sergeev, E.E. Gulmanov

Альбумин (лат.: albus, белый) – плазмозамещающее средство, плазмозаменитель, препарат крови. Альбумины – простые растворимые в воде белки, умеренно растворимые в концентрированных растворах соли и свёртывающиеся при нагревании, являются составной частью белковой фракции крови человека. Молекулярная масса альбумина 65000-70000 дальтон. В нормальной плазме человеческой крови примерно 60% белков составляет альбумин. В состав белковой молекулы альбумина входят все 20 аминокислот. Синтез альбумина происходит в печени. Альбумин в организме выполняет ряд функций. Основная – поддержание коллоидно-онкотического давления крови. Растворы альбумина представляют собой прозрачную жидкость от желтого до светло-коричневого цвета. Вещества, содержащие альбумин, называются альбуминоиды. (яичный белок, сыворотка крови, семена растений). Яичный, молочный, сывороточный альбумины применяются в кондитерском и текстильном производстве, в фармации и медицине [1,2].

Одним из важнейших этапов хирургической операции является соединение рассеченных органов и биотканей. Для восстановления их целостности традиционно используют сшивающие аппараты и шовные материалы. Распространено также бесшовное соединение, исключаящее прокол биологических тканей, при котором используются лейкопластыри и клеящие вещества, а также ультразвуковая и электрическая сварка тканей. При этом обеспечивается герметичность раны, отсутствуют сдавливание швами тканей и их краевой некроз, заживление раны не сопровождается образованием грубого рубца [3]. По методу академика Б. Патона альбумин применяется в качестве сварочного материала в хирургических операциях, по методике плазменной сварки живых тканей кишечника и желудка человека. Источником энергии является воздействующий на ткань переменный электроток [4]. Клеевое соединение биотканей имеет определенные недостатки: старение, снижающее прочность некоторых видов клеев, а также токсичность ряда применяемых полимерных клеев. Ультразвуковой и электрической сварке биотканей присущи побочные электромеханические эффекты, опасные для целостности и функционирования соседних хрящевых и мягких тканей; их применение на практике достаточно сложно. Известен способ лазерной сварки биологических тканей с использованием биоприпоев, в которые вводят связующие вещества – белки, например альбумин. В [5,6] описан метод изготовления объемного нанокompозитного материала, создаваемого лазерным методом на основе водного раствора альбумина с углеродными нанотрубками. Выбор альбумина был связан с его биосовместимостью, широкой доступностью и стабильностью характерных параметров. Однако, и этот способ не всегда удобно использовать.

Представляет интерес применение для сварки биологических тканей энергию СВЧ поля. Преимущества данного метода: в общем случае не требуется разрез; СВЧ очень легко сфокусировать в четко заданной точке организма; малые интенсивности воздействия вызывают физико-химические сдвиги в облученных тканях, а высокие интенсивности в большей степени тепловой эффект; под влиянием микроволн оказывается десенсибилизирующий, противовоспалительный, и обезболивающий эффекты.

Поэтому важной задачей является отработка метода измерения частотных зависимостей коэффициентов передачи и отражения электромагнитных волн при их взаимодействии с водными растворами альбумина. В эксперименте использовались волноводные секции, представляющие собой отрезки прямоугольного волновода стандартного сечения длиной 4 мм с

тонкими слабопоглощающими пробками на фланцах, пространство между которыми полностью заполнялось исследуемыми жидкостями [7].

Были экспериментально получены частотные зависимости коэффициентов стоячей волны по напряжению (КСВН) и ослабления ячеек, заполненных коллоидами, в диапазоне $7,8 \div 10,2$ ГГц. Объектами исследования были водная суспензия альбумина с добавлением наночастиц магнетита. Использование наночастиц магнетита связано с особым интересом, которое вызывает в последнее время их применение в медицине [8-14].

Для получения суперпарамагнитных наночастиц магнетита использовался модифицированный метод Рене Массарта [15]. Характеризация наночастиц первого синтеза методом динамического рассеяния лазерного излучения и с помощью просвечивающей электронной микроскопии показала, что суспензия содержала наночастицы с диаметром $20 \div 25$ нм. Частотные зависимости коэффициентов передачи и отражения снимались для растворов с концентрацией альбумина 5 мг/мл, молекулярная масса составляет примерно $50000 \div 60000$ Да, с разными концентрациями магнетита, а также для дистиллированной воды. Максимальная концентрация наночастиц магнетита составляла для раствора $2,0 \cdot 10^{14}$ см⁻³.

На рис. 1 представлены частотные зависимости КСВН (рис. 1а), ослабления L (рис. 1б) ячеек, заполненных коллоидами.

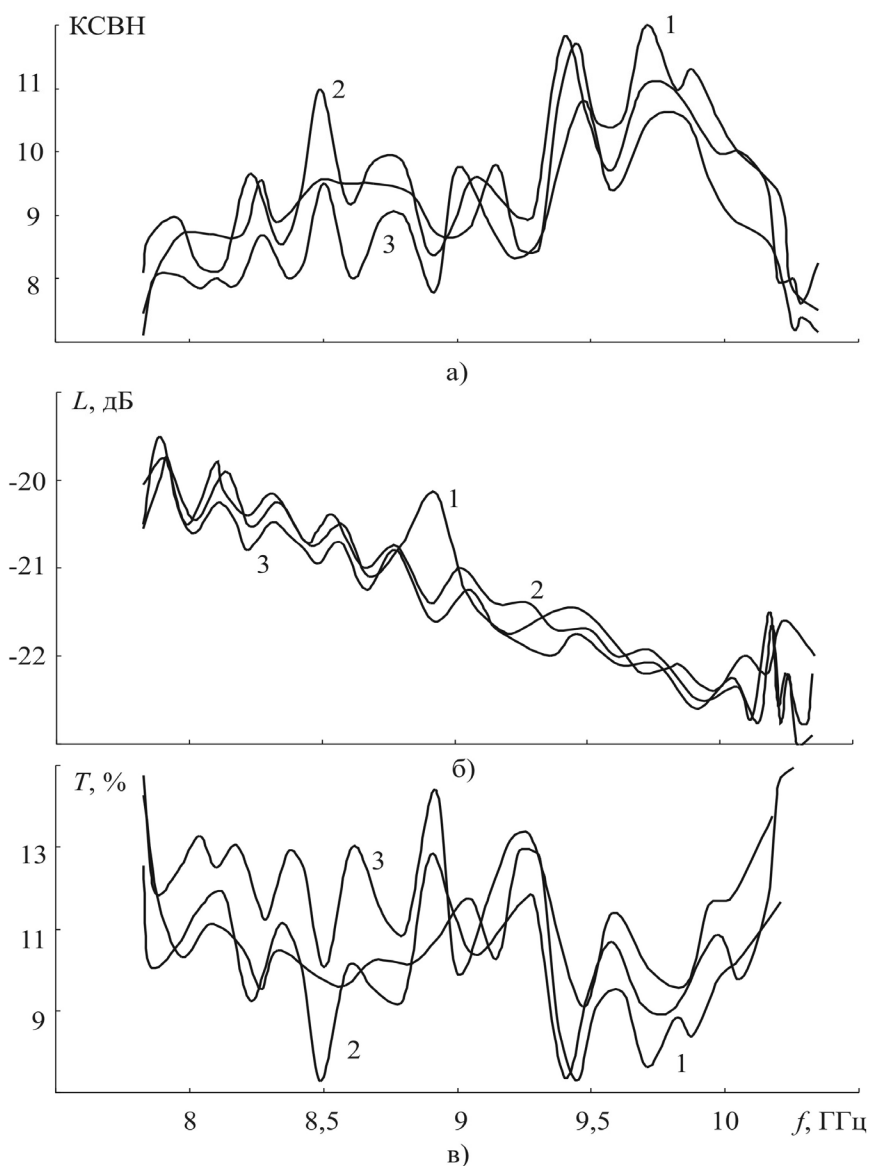


Рис. 1

Также на рисунке представлены частотные зависимости коэффициента поглощения T (рис. 1в), рассчитанные с помощью экспериментальных частотных зависимостей L и КСВН. На всех рисунках дистиллированной воде соответствуют кривые с номером 1, раствору альбумина кривые с номером 2 и раствору альбумина с наночастицами магнетита концентрацией $1,0 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ кривые с номером 3.

Добавление альбумина в воду приводит к существенному изменению частотных зависимостей коэффициента ослабления и КСВН, на них появляются ярко выраженные экстремумы. Видно, что с увеличением частоты ослабление увеличивается для всех растворов. Рассчитанные по полученным данным зависимости коэффициента поглощения от частоты имеют области с 15 % поглощением. Причем замечено, что с увеличением концентрации наночастиц магнетита в растворе поглощение увеличивается.

Проведенный анализ экспериментальных данных показывает, что в выбранном частотном диапазоне 7,8÷10,2 ГГц использованная в данной работе методика исследований имеет высокую чувствительность коэффициента ослабления и КСВН к изменению концентрации альбумина и наночастиц магнетита в водных растворах.

Литература

1. Лазарев В.В., Михельсон В.А. Применение высококонцентрированных растворов альбумина в терапии у детей. Учебно-методическое пособие. М.: РГМУ, 2005. 27 с.
2. http://amt.allergist.ru/albumin_1.html
3. Механические свойства объемного нанокомпозита, полученного при лазерном облучении / Л.П. Ичкитидзе, В.М. Подгаецкий, О.В. Пономарева, С.В. Селищев // Известия ВУЗов. Физика. 2010. № 3/2. С. 125-129.
4. Сварка живых мягких тканей. современное состояние и перспективы развития: материалы Шестого межд. семинара / Под ред. О.Н. Ивановой. Киев: ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины, 2011. 60 с.
5. Нанокомпозитный припой для лазерной сварки биологических тканей / А.Ю. Герасименко, О.В. Губарьков, Л.П. Ичкитидзе // Известия ВУЗов. Электроника. № 4(84). 2010. С. 33-41.
6. Патент RU 2425700 C1. Способ лазерной сварки биологических тканей / Л.П. Ичкитидзе, И.В. Комлев, В.М. Подгаецкий и др. № 2010100289/14; Заявлено 11.01.2010.
7. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на СВЧ. М.: Физматгиз, 1963. 404 с.
8. Superparamagnetic iron oxide nanoparticles for bio-medical applications / D.K. Kim, Y. Zhang, W. Voit etc. // Scripta mater. 2001. Vol. 44. Pp. 1713-1717.
9. Iron oxide nanoparticles for sustained delivery of anticancer agents / T.P. Jain, M.A. Morales, S.K. Sahoo etc. // Molecular Pharmaceutics. 2005. Vol. 2(3). Pp. 194-205.
10. Magnetic particle hyperthermia: nanoparticle magnetism and materials development for cancer therapy / R. Hergt, S. Dutz, R. Mueller, M. Zeisberger. // J. Phys.: Condens. Matter. 2006. Vol. 18. Pp. S2919-S2934.
11. Endocytosis of dextran and silan-coated magnetite nanoparticles and the effect of intracellular hyperthermia on human mammary carcinoma cells in vitro / A. Jordan, R. Scholz, P. Wust etc. // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1999. Vol. 194. Pp. 185-196.
12. Белоусов А.Н. Научно-практический опыт применения наночастиц магнетита в медицине // Вестник Национального технического университета «ХПИ». 2010. Т. 47. С. 9-16.
13. Исследование сорбционных свойств ферритмагнитных наночастиц / Н.Ю. Анисимова, Ф.С. Сенатов, С.И. Миляева и др. // Фундаментальные исследования. 2011. № 11. С. 263-265.
14. Яновский Ю.Г. Сравнительные исследования сорбционной эффективности и структуры поверхности нано- и микроразмерных магнитоуправляемых частиц для их использования в медицине и биологии // Технологии живых систем. 2007. Т.4. №5-6. С. 73-84.
15. Massart R. Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acid media // IEEE Trans. Magn. 1981. Vol. 17. Pp. 1247-1248.